AUS DEM PHARMAKOLOGISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITAT HALLE
(DIREKTOR: PROF. DR. GROS)

ÜBER RHYTHMISCHE KONTRAKTIONEN AN ÜBERLEBENDEN ARTERIEN

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE DER
HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT DER
VEREINIGTEN FRIEDRICHS-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG

VORGELEGT VON

GEORG APITZ
OBERARZT D. R. AUS BRESLAU

LEIPZIG
VERLAG VON F. C. W. VOGEL
1920

(Sonderabdruck aus dem »Archiv für Experimentelle Pathologie und Pharmakologie«, 85. Band, 5./6. Heft.)

AUS DEM PHARMAKOLOGISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT HALLE
(DIREKTOR: PROF. DR. GROS)

ÜBER RHYTHMISCHE KONTRAKTIONEN AN ÜBERLEBENDEN ARTERIEN

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE DER
HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT DER
VEREINIGTEN FRIEDRICHS-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG

VORGELEGT VON

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

GEORG APITZ
OBERARZT D. R. AUS BRESLAU

LEIPZIG
VERLAG VON F. C. W. VOGEL
1920

(Sonderabdruck aus dem »Archiv für Experimentelle Pathologie und Pharmakologie«, 85. Band, 5./6. Heft.)

MEINEN GELIEBTEN ELTERN

IN TREUER DANKBARKEIT

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41534926_0253

Rhythmische Bewegungen am isolierten Organ mit glatter Muskulatur wurden zuerst nach Paul Schultz[1]) von Sertoli[2]) am Retractor penis des Hundes und des Esels beobachtet. Schultz hat dann die gleichen Erscheinungen am ausgeschnittenen Froschmagenring weiter studiert. In der Folgezeit sind in einer größeren Anzahl von Untersuchungen derartige Bewegungen an den verschiedensten Organen mit glatter Muskulatur festgestellt worden. Ausführliche Zusammenstellungen dieser Arbeiten finden sich bei Engelmann[3]) und bei Tigerstedt[4]). Es soll deshalb hier nicht näher darauf eingegangen und lediglich die Arbeiten kurz erörtert werden, welche Beobachtungen über rhythmische Bewegungen am isolierten Gefäßstreifen bringen.

Die Arterien scheinen nach den bis jetzt vorliegenden Arbeiten ein anderes Verhalten zu zeigen, als die anderen Organe mit glatter Muskulatur. Während es nämlich bei diesen ausnahmslos ohne besondere Schwierigkeiten gelingt, rhythmische Spontanbewegungen außerhalb des Körpers in geeigneten physiologischen Salzlösungen hervorzurufen, ist dies bis jetzt bei den isolierten Arterien nicht mit Sicherheit gelungen.

---

1) Arch. f. [Anat. u.] Physiol. 1897, 322.
2) Archives italiennes de Biol. Tom. III, Fasc. 1 (zitiert nach P. Schultz).
3) Pflügers Arch. 65, 535, 1897.
4) Physiologie des Kreislaufs, Leipzig 1893, 441.

Veränderungen der Gefäßweite an isolierten Arterien wurden zuerst von Bayliss[1]) und später von Mac Williams[2]) beobachtet. In größerer Zahl liegen Untersuchungen über das Verhalten der isolierten Gefäße erst vor, nachdem O. B. Meyer[3]) vermittels einer von v. Frey[4]) angegebenen Methode gezeigt hat, daß der isolierte Arterienstreifen ein ausgezeichnetes Objekt für das Studium zahlreicher Gifte, insbesondere des Adrenalins gibt. Bei diesen Versuchen von O. B. Meyer, bei denen der Gefäßstreifen sich in einer physiologischen Salzlösung befand, wurden rhythmische Bewegungen nicht beobachtet. Diese sah zuerst Fr. Müller[5]) bei einer mit Yohimbin versetzten Ringerlösung. Er konnte diese Bewegungen jedoch »trotz mannigfacher Variationen der Versuchsbedingungen: Änderung in der Zusammensetzung der Ringerlösung, Untersuchung verschiedenartigen Materials, nicht wieder beobachten«.

In einer weiteren Arbeit betont O. B. Meyer[6]), daß er »an mehr als 600 Präparaten von Rinderarterien unter verschiedenartigen Versuchsbedingungen rhythmische Kontraktionen niemals beobachtet habe«.

De Bonis und Susanna[7]) sahen rhythmische Bewegungen von kurzer Dauer bei Gefäßstreifen in Ringerlösung nach Zusatz von Hypophysenextrakten.

Auch Günther[8]) konnte derartige Bewegungen feststellen nach Zusatz einer dem Gehalt des Blutes entsprechenden Adrenalinmenge zur Lockeschen Lösung.

Schon vorher hatte O. B. Meyer[9]) und später Full[10]) das regelmäßige Auftreten rhythmischer Kontraktionsbewegungen an Arterienstreifen beschrieben bei Verwendung von Blut oder Serum an Stelle der Ringerlösung.

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, daß rhythmische Bewegungen am isolierten Gefäßstreifen bis jetzt mit Sicherheit nur hervorgerufen werden konnten bei Verwendung von Blut oder Serum; in reinen physiologischen Salzlösungen ist dies bis jetzt nicht ge-

1) Journ. of Physiology 28, 220, 1902.
2) Proc. Roy. Soc. 70, 109, 1902.
3) Ztschr. f. Biol. 48, 352, 1906.
4) Sitzungsbericht d. Phys. med. Gesellsch. 11. Würzburg 1905.
5) Arch. f. [Anat. u.] Physiol. 411, Supplem. 1906.
6) Zentralbl. f. Physiol. 23, 685, 1909.
7) Ebenda 169.
8) Ztschr. f. Biol. 65, 401, 1915.
9) Ebenda 61, 275, 1913.
10) Ebenda 287.

lungen. In den Fällen, in denen bei Verwendung von Ringerlösungen diese Bewegungen auftraten, war zur ihrer Auslösung stets der Zusatz eines Giftes notwendig (Adrenalin, Hypophysenextrakt, Yohimbin).

Gelegentlich einiger Versuche, die ich im hiesigen Institut auf Veranlassung von Herrn Prof. Gros ausführte, konnte ich das Auftreten spontaner Bewegungen am isolierten Gefäßstreifen in einer etwas modifizierten Ringerlösung beobachten. Ich habe daraufhin versucht, ob derartige Bewegungen sich mit Sicherheit in physiologischen Salzlösungen hervorrufen lassen und welche Bedingungen dafür erfüllt werden müssen. Die Versuche sollen im folgenden näher beschrieben werden.

Versuchsanordnung.

Verwendet wurde zu den Versuchen ausschließlich die Carotis von Pferden. Die Gefäße anderer Tiere, insbesondere von Rindern, waren wegen des Krieges nicht zu beschaffen. Die Arterien wurden auf dem Schlachthofe dem frischgetöteten Tiere unter Vermeiden von starkem Zerren oder Pressen entnommen und in ein mit Ringerlösung gefülltes Gefäß gebracht. Sie wurden sodann bei + 9° C aufbewahrt. An solchen Präparaten können spontane Bewegungen noch in den nächsten 5—6 Tagen hervorgerufen werden, auch dann, wenn von einer dauernden Sättigung der Ringerlösung mit Sauerstoff abgesehen wurde; jedoch sind die Kontraktionen am kräftigsten in den ersten 24 Stunden.

Zu den Versuchen wurden Gefäßstreifen von 15 mm Breite verwendet, die zu Beginn des Versuches mit einer Belastung von 85 g etwa 20 Minuten gedehnt wurden. Die Hebelbelastung während des Versuches betrug 15 g. Der Apparat selbst entsprach den von Meyer[1]) gegebenen Vorschriften mit der Abweichung, daß die Sauerstoffzufuhr durch das gleiche Glasrohr erfolgte, welches zum Befestigen des Präparates diente und daß das während der Dehnung eintretende Sinken des Hebels nicht automatisch, sondern von Zeit zu Zeit durch vorsichtiges Horizontalstellen desselben korrigiert wurde. Das Gefäß enthielt bei meinen Versuchen 50 ccm Lösung; der Schreibhebel schrieb mit sechsfacher Vergrößerung, die Trommel des Kymographions drehte sich so, daß 1 mm dem Zeitraum von 1 Minute entspricht[2]). Bei ganz vereinzelten Versuchen wurde die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel etwas geändert; in diesem Falle ist auf den Kurven die Zeitschreibung besonders angegeben.

---

1) Ztschr. f. Biol. 48, 352, 1906.

2) Diese Angabe bezieht sich auf die Originalkurven. Die dieser Arbeit beigefügten Kurven sind auf die Hälfte des Originals verkleinert, so daß also 1 mm auf ihnen dem Zeitraum von 2 Minuten entspricht.

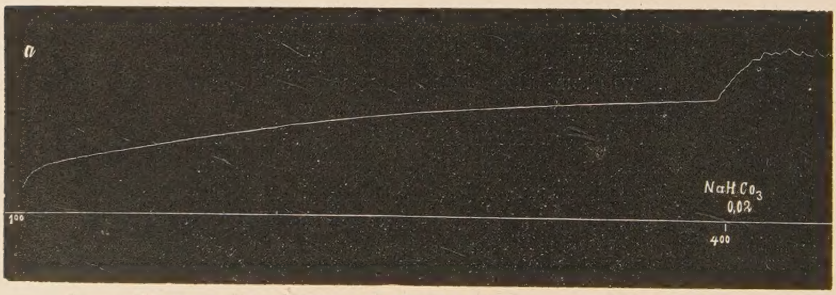
I. Bedingungen, unter welchen der isolierte Arterienstreifen in Ringerlösung in rhythmische Bewegungen gerät.

a) Bedeutung des $NaHCO_3$ im Ringer und der Kochsalzkonzentration.

Bei den ersten Versuchen mit den Gefäßstreifen hielt ich mich möglichst genau an die Vorschriften, die O. B. Meyer gegeben hat. Es wurden deshalb auch die von ihm angegebenen Ringerlösungen verwendet. Es sind dies folgende:

	I	II	III
NaCl	6,5	8,5	9,0
KCl	0,2	0,2	0,2
$CaCl_2$	0,2	0,2	0,2
H_2O	1000,0	1000,0	1000,0

Diese Lösungen unterschieden sich von den sonst üblichen Ringerlösungen insbesondere durch das Fehlen von Natriumbikarbonat. Es ergab sich nun in meinen Versuchen, daß gerade das Natriumbikarbonat einen wesentlichen Faktor für das Zustandekommen der rhythmischen Bewegungen der Arterienstreifen bildet. Solange ich mit den oben genannten Lösungen arbeitete, beobachtete ich niemals rhythmische Bewegungen. Dieselben treten aber regelmäßig auf, wenn man den Lösungen Natriumbikarbonat in genügender Konzentration zusetzt. Kurve 1 zeigt den Verlauf einer derartigen Kurve. Das



Kurve 1. Ringerlösung II. Zeit: 1 mm = 2 Minuten.

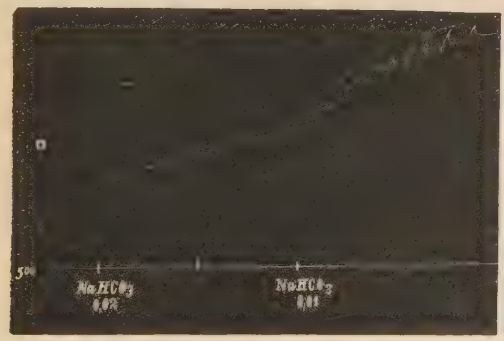
Präparat befindet sich nach der Dehnung 3 Stunden in der Ringerlösung II, ohne daß irgendwelche automatische Bewegungen auftreten. Nach Zusatz von Natriumbikarbonat erfolgt sogleich eine Tonussteigerung und nach wenigen Minuten beginnen die automatischen Bewegungen.

Die Konzentration des Natriumbikarbonats betrug in diesem Falle 0,4 ‰.

In einer weiteren Reihe von Versuchen habe ich zunächst die Konzentration des Natriumbikarbonats festgestellt, welches notwendig ist, die rhythmischen Bewegungen hervorzurufen. Es ergab sich, daß 0,1 und 0,2 ‰, die Mengen, die sich gewöhnlich in den Ringerschen Lösungen finden, nicht imstande sind, die rhythmischen Bewegungen auszulösen. Bei einer Konzentration von 0,3 ‰ treten dieselben bisweilen auf, aber nicht regelmäßig. Es steht damit im Einklang, daß Günther bei seinen Versuchen mit Adrenalin am isolierten Gefäßstreifen in derartigen Ringerlösungen allein die rhythmischen Bewegungen niemals auftreten sah.

Bei einer Konzentration von 0,4 ‰ treten rhythmische Bewegungen regelmäßig ein und zwar gleichgültig, ob die Ringerlösung von vornherein diesen Gehalt an Natriumbikarbonat besitzt oder derselbe während des Versuches durch nachträglichen Zusatz einer körperwarmen, konzentrierten (1 %) Natriumbikarbonatlösung erreicht wird. Es ergibt sich allerdings im Verlauf der Kurve, wie später erörtert wird, ein Unterschied insofern, als bei nachträglichem Zusatz eine Tonussteigerung sich einstellt und der Eintritt der rhythmischen Bewegungen ganz kurze Zeit nach Zusatz des Natriumbikarbonats erfolgt, während im anderen Fall ein längeres Zeitintervall zwischen dem Auftreten der spontanen Bewegungen und der Beendigung der Dehnung stets beobachtet wurde.

Bei frischen ungeschädigten Präparaten ist die Konzentration von 0,4 ‰ Natriumbikarbonat stets ausreichend; bei älteren Präparaten war es bisweilen notwendig, die Natriumbikarbonatkonzentration noch etwas höher zu wählen. Es zeigt dies der Versuch der Kurve 2.



Kurve 2. Ringerlösung III.

Es wurden so Konzentrationen bis 0,6 und 0,8 ‰ verwendet. Höhere Konzentrationen als 0,8 ‰ habe ich meist nicht angewendet,

und es scheint, daß dieselben auch eher schädigend als fördernd wirken. Wenn nämlich die rhythmischen Bewegungen an Präparaten in einer Ringerlösung mit 0,4 ‰ Natriumbikarbonat nach längerer Dauer zum Stillstand gekommen sind, so gelingt es häufig durch Erhöhung der Natriumbikarbonatkonzentration dieselben wieder in Gang zu bringen, aber nur innerhalb der gegebenen Grenzen, wie dies Kurve 3 zeigt.

Kurve 3. Ringerlösung I mit $NaHCO_3$ 0,4 : 1000.

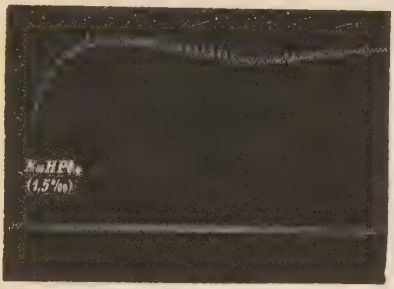
Falls an Präparaten, bei denen die rhythmischen Kontraktionen im Gange sind, die Natriumbikarbonatkonzentration erhöht wird, so tritt eine Verstärkung der Bewegungen nicht ein, steigert man die Konzentration über 0,6—0,8 ‰, so werden die Bewegungen sogar schwächer und langsamer und hören unter Umständen auf. (Kurve 4.)

Kurve 4. Ringerlösung I.

Die Vermutung liegt nahe, daß die Wirkung des Natriumbikarbonats zurückzuführen sei auf die Hydroxylionen, die durch hydrolytische Spaltung aus ihm entstehen. Ist dies der Fall, so könnte man annehmen, daß auch andere indifferente Salze, die ebenfalls Hydroxylionen hydrolytisch abspalten, in geeigneter Konzentration die rhyth-

mischen Bewegungen auslösen. Ich habe eine Reihe von Versuchen angestellt, bei denen das Natriumbikarbonat durch Natriumphosphat ($NaHPO_4$) oder durch Natriumborat ($Na_2B_4O_7$) ersetzt war. Es gelang mir, auch in derartigen Lösungen die rhythmischen Bewegungen hervorzurufen, wie die Kurven 5a und 5b zeigen. Es scheint, daß von diesen Salzen ein Gehalt von 1,5 ‰ am besten wirkt. Jedoch sind meine Versuche nicht zahlreich genug, um einen bestimmten Zahlenwert hier anzugeben. Jedenfalls gelang es mir bei diesem Gehalt der Lösungen an Natriumphosphat, bzw. Natriumborat die rhythmischen Bewegungen regelmäßig hervorzurufen, wenn dieselben auch nicht mit der gleichen Intensität und Dauer wie bei Verwendung von Natriumbikarbonat auftraten. Die Frage, ob wirklich

Kurve 5a. Ringerlösung I. Zusatz von $Na_2B_4O_7$ 1,5 : 1000.



Kurve 5b. Ringerlösung I. Zusatz von $NaHPO_4$ 1,5 : 1000. Zeitschreibung: 30 Sekunden.

die Hydroxylionen den maßgebenden Faktor bilden, möchte ich deshalb nicht bestimmt bejahen. Meine Versuche scheinen allerdings darauf hinzuweisen, daß ihnen eine größere Bedeutung zukommt.

Als bedeutungsvoll für das Auftreten der spontanen Bewegungen hat sich weiterhin der Gehalt der Lösungen an Chlornatrium erwiesen. Schon O. B. Meyer hat beobachtet, daß in einer für den Warmblüter hypotonischen Ringerlösung mit einem Gehalt von 6,5 ‰ Natriumchlorid längere Zeit aufbewahrte Präparate sowohl für den elektrischen Reiz, als auch für Adrenalinreiz etwas länger und besser empfindlich bleiben als solche in für den Warmblüter isotonischer Lösung. Diese Beobachtung steht im Einklang mit den Untersuchungen von Fienga[1]) am Hühnerösophagus, daß nämlich Natriumchlorid eine Herabsetzung des Muskeltonus und eine beträchtliche Verminderung der Höhe und Zahl der Kontraktionen bewirkt.

1) Ztschr. f. Biol. 54, 230, 1910.

Auch bei meinen Versuchen wurde an Parallelpräparaten, die in zwei in Bezug auf den Kochsalzgehalt verschiedenen Ringerlösungen sich befanden, beobachtet, daß das Präparat in der Versuchsflüssigkeit mit geringerem Kochsalzgehalt etwas größere Ausschläge zeigte als das andere (Kurven 6a und 6b).

Kurve 6a. Ringerlösung I. 26 Stunden altes Präparat.

Kurve 6b. Ringerlösung II. Parallelpräparat zu Kurve 6a.

Auf Grund dieser Beobachtungen wurde folgende Lösung zu den weiteren Versuchen benutzt:

NaCl	6,5
KCl	0,2
$CaCl_2$	0,2
$NaHCO_3$	0,4
H_2O	1000,0

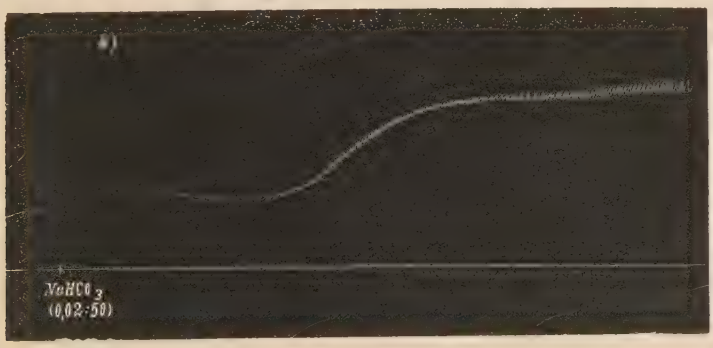
b) Die Bedeutung des Sauerstoffs.

In seinen Versuchen über das Auftreten der Spontanbewegungen am Arterienstreifen, der sich im Serum befindet, bemerkt O. B. Meyer[1]), daß die Auslösung der Spontanbewegungen durch Sauerstoffmangel bedingt sei. Bei reichlicher Sauerstoffzufuhr sollen die Kontraktionen nicht auftreten, bzw. unterdrückt werden. Full[2]) beobachtete bei ähnlichen Versuchen, daß Sauerstoffdurchleitung von einigen Minuten während des Versuches eine Erhöhung des Tonus bewirkt, jedoch kein Aufhören der Rhythmik. In Salzlösungen verhält sich nach meinen Versuchen der Arterienstreifen etwas anders in dieser Hinsicht als bei den Versuchen von O. B. Meyer und Full in Serum. Es ergab sich nämlich, daß rhythmische Bewegungen sowohl bei

1) Ztschr. f. Biol. 61, 275, 1913.
2) a. a. O.

regelmäßiger Luftzufuhr eintraten als auch dann, wenn durch die Versuchsflüssigkeit während der stundenlangen Dauer der Bewegungen keine Luft durchgeleitet wurde. Wenn nun auch die rhythmischen Bewegungen auftreten unabhängig von der Sauerstoff- bzw. Luftzufuhr, so zeigen sich doch gewisse Unterschiede im Verlauf der Kurve, je nachdem Luft zugeführt wird oder nicht. An dem mit Sauerstoff versorgten Präparat treten die spontanen Bewegungen gewöhnlich später auf als an Präparaten, die keinen Sauerstoff erhalten. Die Zeit, während welcher die Bewegungen anhalten, ist dagegen viel länger bei den mit Sauerstoff gespeisten Präparaten, und auch die einzelnen Bewegungen zeigen eine viel größere Regelmäßigkeit. Eine reichliche Versorgung mit Sauerstoff ist demnach nicht nötig für das Auftreten der Spontanbewegungen, und es ist nicht richtig, die Spontanbewegungen als Erstickungserscheinungen zu deuten, wie es versucht worden ist.

Die Bedeutung der Luftzufuhr für den Beginn der rhythmischen Bewegungen zeigt Kurve 7a und 7b.

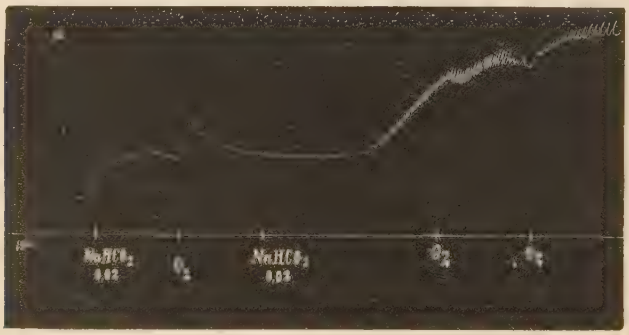


Kurve 7a. Ringerlösung I. Regelmäßige Sauerstoffgabe.

Kurve 7b. Ringerlösung I. Keine Sauerstoffgabe. Parallelpräparat zu Kurve 7a.

Die Versuche wurden angestellt an zwei Präparaten desselben Arterienstückes, die zu gleicher Zeit entnommen und unter völlig gleichen Bedingungen behandelt waren. Die Flüssigkeit, in welcher sich das Präparat der Kurve 7a befindet, wird von Anfang an und während der ganzen Versuchsdauer regelmäßig mit Luft durchspült. Die Dehnung erfolgt bei beiden Präparaten in einer Ringerlösung ohne Natriumbikarbonat. Einige Minuten nach beendigter Dehnung wird in beiden Versuchen den Lösungen soviel 1 %ige Natriumbikarbonatlösung zugesetzt, daß der Gehalt von 0,04 % $NaHCO_3$ erreicht wird. Bei dem mit Luft versorgten Präparat tritt zwar auf Zusatz von Natriumbikarbonat eine Tonussteigerung ein, aber diese ist zunächst unbedeutend. Nach etwa 15 Minuten sinkt der Tonus wieder etwas ab, und erst nach 50 Minuten setzt eine starke Tonussteigerung zugleich mit dem Beginn der rhythmischen Bewegungen ein. Im Versuche 7b treten nahezu sofort nach der Zugabe von Natriumbikarbonat die Spontanbewegungen zugleich mit einer gewaltigen Tonussteigerung auf.

Die Kurve 8 zeigt sodann einen Versuch, der den günstigen Einfluß des Sauerstoffs auf den Verlauf der Bewegungen illustriert.



Kurve 8. Ringerlösung I. Präparat 26 Stunden alt.

Es handelt sich hier um ein Präparat, welches bereits 26 Stunden alt war und zunächst nicht mehr gut reagierte. Zu Beginn des Versuchs unterblieb zunächst die Luftzufuhr. Auf Zusatz von Natriumbikarbonat nach der Dehnung tritt sogleich eine starke Tonussteigerung ein. Es beginnen automatische Bewegungen, die aber unregelmäßig und schwach sind. Nach einer stärkeren Kontraktion kommt dann eine längere Pause. Es wird nunmehr Luft gegeben. Sogleich setzt eine starke Tonussteigerung ein, auf der Höhe setzt sich eine vereinzelte Zuckung auf, dann folgt unter Tonusabfall Aussetzen der

rhythmischen Bewegungen. Eine erneute Gabe von Natriumbikarbonat, welche die Konzentration der Lösung auf 0,8 ‰ erhöht, bringt bei fortdauernder Luftzufuhr zunächst den Tonusabfall zum Stehen, und nach 25 Minuten beginnen nun unter erneuter starker Tonussteigerung regelmäßige, kräftige rhythmische Kontraktionen. Die Luftzufuhr wird nunmehr abgestellt. Die Tonussteigerung wird jetzt geringer, die automatischen Bewegungen zunächst kräftiger, aber nach 15 Minuten langsamer dann und schwächer. Erneute Luftzufuhr läßt den Tonus wieder um ein Geringes ansteigen, und dann bleiben die Bewegungen regelmäßig und kräftig noch mehr als 90 Minuten bis zum Abbruch des Versuches bestehen.

Der günstige Einfluß des Sauerstoffs, der sich in diesem Versuch zeigt, tritt besonders deutlich an älteren Präparaten hervor.

c) Einfluß der Dehnung.

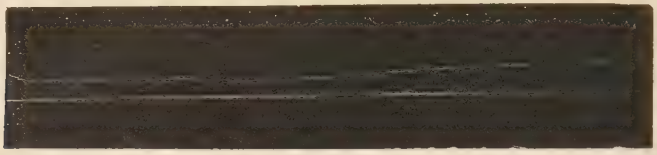
In allen Versuchen, über die bisher berichtet ist, wurden die Präparate zu Beginn des Versuches einer Dehnung durch Belastung mit 85 g unterworfen. Dies geschah auf Grund der Beobachtungen von O. B. Meyer[1]), daß die »durch Reizung bei der Präparation, die Abkühlung und die Wirkung des Luftsauerstoffs« eintretende Dauerverkürzung der Präparate auf diese Weise behoben werden kann und die so behandelten Arterienstreifen bei seinen Versuchen günstigere Resultate ergaben, als ungedehnte Präparate.

Nach Beendigung der Dehnung tritt bei Verringerung der Belastung auf 15 g, die bei meinen Versuchen in der Regel stattfand, eine allmähliche Kontraktion des Arterienstreifens ein, die nicht sehr bedeutend ist und erst mit dem Eintreten der Spontanbewegungen im höheren Grade erfolgt. Da die rhythmischen Bewegungen stets mit einer Tonussteigerung einsetzen, so schien es mir von Interesse festzustellen, ob dieselben auch am ungedehnten Präparat, an dem eine spontane Verkürzung nicht oder nicht in dem Maße wie am gedehnten zu erwarten war, eintreten würde. Kurve 9 zeigt einen derartigen Versuch. Der Arterienstreifen wird nach der Präparation in die 0,04 % bikarbonathaltige Ringerlösung gebracht. Eine Dehnung findet nicht statt. Es hat vor Beginn des Versuches bereits 1 Stunde in der gleichen körperwarmen Ringerlösung gelegen.

Die rhythmischen Bewegungen treten auch hier ein, aber wesentlich später als an gedehnten Präparaten (erst nach 80 Minuten). Gleichzeitig mit dem Eintreten derselben beginnt ein geringes An-

1) Ztschr. f. Biol. 48, 352, 1906.

steigen des Tonus. Die Bewegungen selbst sind nur schwach und erfolgen nach längerer Pause. Die Dauer, während welcher die Bewegungen statthaben, ist etwa die gleiche wie am gedehnten Präparat. In dem Versuch der Kurve 9 wurden sie während 3 Stunden beobachtet.



Kurve 9. Ringerlösung I mit Zusatz von $NaHCO_3$ 0,4 : 1000. Präparat ist ungedehnt.

Es ergibt sich also, daß die spontanen Bewegungen wohl auch am ungedehnten Präparat auftreten, aber später und von geringerer Intensität. Es wurde deshalb bei allen Versuchen an der vorherigen Dehnung festgehalten.

Auf Grund der vorstehenden Ergebnisse stellen sich als günstigste Bedingungen für das Hervorrufen der rhythmischen Bewegungen am isolierten Arterienstreifen dar: Die Präparate sollen nach schonender Entnahme aus dem Körper und nach der Präparation vor Beginn des Versuches gedehnt werden. Während des Versuches wird die Flüssigkeit durch vorsichtiges Durchleiten von Luft (30—45 Blasen in der Minute) dauernd mit Sauerstoff versorgt. Die Versuchslösung soll 0,4 ‰ Natriumbikarbonat enthalten. Das Natriumbikarbonat kann entweder sogleich in der Lösung enthalten sein oder nach der Dehnung zugesetzt werden.

II. Form und Verlauf der rhythmischen Bewegungen am isolierten Arterienstreifen.

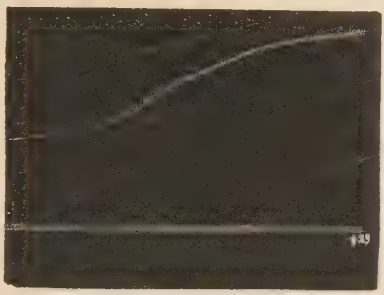
Enthält die Ringerlösung von Anfang an genügend Natriumbikarbonat, so beginnen die rhythmischen Bewegungen spontan im Durchschnitt 30—35 Minuten nach Beendigung der Dehnung. Größere Schwankungen in dieser Zeitangabe sind nicht beobachtet worden. Bei den Versuchen von Full und von Günther[1]), bei denen die rhythmischen Bewegungen auf Zusatz von Serum, bzw. Einwirkung von kleinen Mengen Adrenalin sich einstellen, treten dieselben erst nach viel längerer Zeit auf.

Der Eintritt der rhythmischen Bewegungen ist tets mit einer mehr oder weniger starken Tonussteigerung verbunden. In keinem

1) a. a. O.

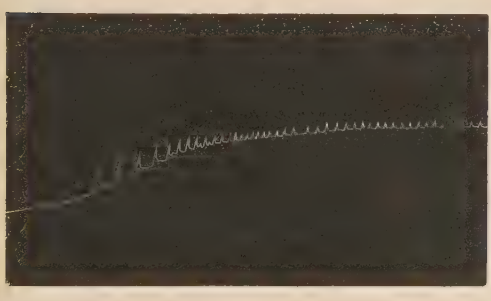
Versuche konnte ihr Auftreten ohne gleichzeitige Verkürzung des Arterienstreifens beobachtet werden, und wenn aus irgend einem Grunde während des Versuches die rhythmischen Bewegungen aufhören, so tritt gleichzeitig ein Sinken des Tonus ein.

Kurve 10a und 10b zeigen das Zusammenfallen des Beginns der spontanen Bewegungen mit dem Eintritt bzw. der Verstärkung der Tonussteigerung. Kurve 10c läßt erkennen, wie bei Aufhören der rhythmischen Bewegungen der Tonus absinkt und mit dem Beginn derselben wieder ansteigt.

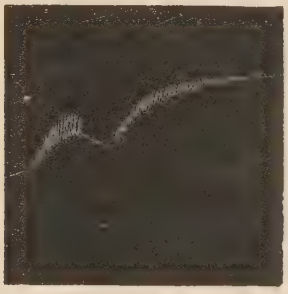


Kurve 10a. Ringerlösung I. Zusatz von $NaHCO_3$ 0,4 : 1000. Zeitschreibung = 30 Sekunden.

Die Form der Zuckungen ist eine sehr verschiedene. Günther stellt als Regel für den Eintritt der spontanen Bewegungen auf, daß die erste Kontraktion zugleich auch die stärkste sei und die folgenden unter gleichzeitiger Beschleunigung des Rhythmus immer schwächer würden. Unter den von mir gewählten Versuchsbedingungen läßt sich diese Regel nicht bestätigen. Die Kurve 10a und 10c zeigen schon, daß



Kurve 10b. Ringerlösung I. Zusatz von $NaHCO_3$ 0,4 : 1000. Zeit: 1 mm = 2 Minuten.



Kurve 10c. Ringerlösung I. Zusatz von $NaHCO_3$ 0,4 zu 1000. Zeit wie bei Kurve 10b.

in dieser Hinsicht eine große Mannigfaltigkeit herrscht. In der Kurve 10a und 10c sind die ersten rhythmischen Kontraktionen schwächer als die folgenden. Die Kurve 10b folgt dagegen dem von Günther gegebenen Typus. Auch der Verlauf der Einzelkontraktionen ist nicht in allen Versuchen gleichartig. In den meisten Fällen erfolgt der Anstieg schneller als der Abstieg (z. B. Kurve 10b und 10c). In einzelnen Fällen (z. B. Kurve 10a) verläuft dagegen der

Anstieg etwa mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Abfall. Diese letztere Form zeigt einen deutlichen Unterschied zu der sonst an der glatten Muskulatur durch elektrischen Reiz hervorgerufenen Zuckungskurve. Schon Sertoli[1]) hat diese Erscheinung am Retractor penis des Pferdes und des Esels gesehen. Dagegen sagt Müller[2]) ausdrücklich, daß er Kurven mit gleichschenkligem Anstieg und Abstieg nach elektrischer Reizung nie gesehen habe.

Die beiden verschiedenen Zuckungsformen der Spontanbewegungen können an ein und demselben Präparat auftreten und ineinander übergehen (vgl. Kurve 7a).

Bei der erstgenannten Zuckungsform tritt manchmal zwischen je zwei gleich großen Zacken eine kleine Zusammenziehung auf, die sich nach der Ansicht von Schultz[3]) dadurch erklären läßt, daß sich in einem derartigen Falle nicht das ganze Muskelstück zusammenzieht, sondern nur Teile desselben. Bei der zu zweit genannten Form der Spontanbewegungen konnte eine derartige Unregelmäßigkeit in der Größe der einzelnen Zuckungen nicht beobachtet werden.

Waren die rhythmischen Eigenbewegungen an den Gefäßstreifen aufgetreten, so hielten sie lange mit gleichbleibender Regelmäßigkeit an und konnten noch 6 Stunden nach Ingangsetzung des Versuchs beobachtet werden.

Das Aufhören der Eigenbewegungen zeigt zwei Formen: entweder werden die einzelnen Kontraktionen immer kleiner, so daß sie schließlich bei der angewandten Hebelvergrößerungen kaum noch sichtbar sind, oder aber die Ausschläge werden plötzlich größer, die Pausen zwischen den einzelnen Kontraktionen werden länger und unregelmäßig und die Bewegungen hören unvermittelt auf. Bei der erstgenannten Form des Aufhörens der Kontraktionen verlangsamt sich mit dem Kleinerwerden der Ausschläge auch ihr Rhythmus. Es kamen Fälle zur Beobachtung, wobei noch 1 Stunde und später nach anscheinendem Aufhören der Kontraktionen plötzlich eine vereinzelte Zusammenziehung erfolgte, die sich in längeren Zwischenräumen sogar mehrmals wiederholte, um dann wieder völlig aufzuhören.

Sind die Kontraktionen völlig zum Stillstand gekommen, dann läßt der Tonus sehr schnell nach. Der Schreibhebel sinkt ab und der Gefäßstreifen nimmt etwa seine ursprüngliche nach der Dehnung erreichte Länge wieder ein. Mit diesem Verhalten ist aber die Lebens-

1) a. a. O.
2) a. a. O.
3) a. a. O.

fähigkeit des Arterienstreifens nicht immer erloschen. Als Beweis hierfür möge folgende Beobachtung dienen:

Ein Gefäßstreifen hatte nach stundenlanger Tätigkeit in körperwarmer Ringerlösung seine automatischen Bewegungen schließlich eingestellt. Das Präparat blieb über Nacht im Versuchszylinder aufgehängt, die Sauerstoffzufuhr wurde unterbrochen und das Gas abgestellt, so daß die Temperatur des Wasserbades und damit auch der Versuchsflüssigkeit auf die Zimmertemperatur (etwa + 15° C) herabsank. Am nächsten Morgen — etwa 15 Stunden später — war der Schreibhebel an der Trommel bis zur anfänglichen Länge des Gefäßstreifens herabgesunken. Bei erneuter allmählicher Erwärmung der Versuchsflüssigkeit und bei frischer Sauerstoffzufuhr stieg der Tonus des Streifens wieder an, und es stellten sich von neuem Zusammenziehungen ein. Dieselben waren allerdings sehr klein und unregelmäßig — mehr Oszillationen zu nennen —, sie waren aber bei der angewandten sechsfachen Hebelvergrößerung noch deutlich sichtbar.

Zusammenfassung.

In einer 0,04 % Natriumbikarbonat enthaltenden Ringerlösung führen isolierte Gefäßstreifen aus der Carotis des Pferdes rhythmische Bewegungen aus. In einer Ringerlösung, deren Gehalt an Natriumbikarbonat diese Konzentration nicht erreicht, treten dieselben nicht auf, stellen sich aber ein, wenn nachträglich der Gehalt der Lösung an Natriumbikarbonat auf 0,04 % erhöht wird.

Zufuhr von Sauerstoff ist für das Eintreten dieser Bewegungen nicht notwendig, übt aber einen günstigen Einfluß auf die Dauer, die Intensität und die Regelmäßigkeit aus. In gleicher Weise wirkt vorherige Dehnung des Präparats fördernd.

Der Verlauf der rhythmischen Bewegungen bei den einzelnen Präparaten ist auch bei Einhalten gleicher Bedingungen nicht ganz gleichmäßig, insbesondere konnten zwei verschiedene Formen unterschieden werden.

Wie die Untersuchungen von Günther, de Bonis und Susanna und Müller gezeigt haben, begünstigen manche Substanzen, die Kontraktionen der Gefäße hervorrufen, das Auftreten der rhythmischen Bewegungen auch in solchen Ringerlösungen, in denen an und für sich dieselben nicht auftreten. Der Einfluß von Gefäßgiften auf diese Bewegungen in Ringerlösungen, in denen schon an sich automatische Bewegungen sich einstellen, sollen in einer weiteren Arbeit behandelt werden.

Diese Arbeit ist auf Anregung meines hochverehrten Chefs, Herrn Prof. Dr. Gros entstanden und unter seiner Leitung durchgeführt worden. Ich benütze die mir willkommene Gelegenheit, ihm auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen für die Übertragung und stete Förderung dieser Arbeit und für das außerordentliche Interesse, daß er mir und meinen Versuchen immer in so hohem Maße entgegenbrachte.

Lebenslauf.

Ich, Georg Johannes Maximilian Apitz, katholischer Religion, Sohn des Strafanstaltsdirektors Gustav Apitz und seiner Ehefrau Martha, geb. Praeckel, bin am 23. Oktober 1888 zu Breslau geboren. Nachdem ich von meinem sechsten Lebensjahre an zuerst die städtische Vorschule in Kassel, dann die Volksschule in Gr.-Strehlitz (O.-Schl.) besucht hatte, bezog ich im Jahre 1898 das Gymnasium zu Gr.-Strehlitz, das ich im Jahre 1907 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Ich studierte darauf an den Universitäten Greifswald, München und Heidelberg Medizin und bestand meine ärztliche Staatsprüfung im Jahre 1913 zu Heidelberg. Nachdem ich darauf bei einigen praktischen Ärzten tätig gewesen war, genügte ich vom Oktober 1913 bis März 1914 meiner militärischen Dienstpflicht bei dem Inf.-Regt. 70 in Saarbrücken und dem Inf.-Regt. 45 in Insterburg. Vom 1. April 1914 bis Ende Juni 1914 war ich als dritter Assistent auf der chirurgischen Station des Elisabethinerinnen-Krankenhauses zu Breslau und vom 1. Juli als erster Assistent auf der Abteilung für Körperkranke der barmherzigen Stiftung zu Scheibe bei Glatz tätig. Am 3. August 1914 wurde ich infolge der Mobilmachung als Unterarzt eingezogen und dem Festungslazarett Glaz als wachthabender Arzt überwiesen. Im März 1915 kam ich ins Feld und versah bis zur Beendigung des Krieges den ärztlichen Truppendienst beim Inf.-Regt. 66 zuerst als Hilfs-, dann als Bataillons-, zuletzt als Regimentsarzt. Ich wurde während des Feldzuges zum Oberarzt d. R. befördert und mit dem E. K. I. u. II. Kl. ausgezeichnet. Nach meiner Entlassung aus dem Militärdienst trat ich am 22. Februar 1919 als Volontärassistent in das Pharmakologische Institut der Universität Halle a. S. ein. Meine Lehrer waren: in Greifswald: Auwers, Bleibtreu, Kallius, Mie, Müller, Peters, Schütte; in München: v. Bayer, Frank, Röntgen; in Heidelberg: Bettmann, Ernst, Fleiner, Gottlieb, Kossel, Krehl, Kümmel, Menge, Neu, Nissel, Wagemann, Wilms, Vulpius.

Auch ihnen allen sage ich an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank.

Georg Apitz.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.